

## Karakterisasi *Feed Zone* dan Potensi Produksi Sumur Panas Bumi ML-XX Muara Laboh, Solok Selatan

Devi Marisa D.P.<sup>\*1</sup>, Ardian Putra<sup>1</sup>, Robi Irsamukhti<sup>2</sup>, Rudy Martikno<sup>2</sup>, Jantiur Situmorang<sup>2</sup>, Alfianto Perdana Putra<sup>2</sup>, Muhammad Tamrin Humaedi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis Padang, 25163,

<sup>2</sup>PT. Supreme Energy

\*devimarisadp@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Penelitian mengenai uji kompleksi guna untuk mengetahui karakterisasi sumur dan reservoir panas bumi, antara lain lokasi *feed zones* dan kontribusinya, *injectivity index* (II), profil tekanan dan temperatur, jenis fluida, serta potensi produksi sumur telah dilakukan di sumur panas bumi ML-XX Muara Laboh, Solok Selatan. Uji kompleksi dilakukan melalui beberapa tahap, dimulai dari PTS *injection*, *multi-rate injectivity test*, PT *heating-up survey* hingga pemodelan sumur. Data dari hasil uji kompleksi akan digunakan untuk menghitung estimasi potensi produksi dari sumur tersebut dengan melakukan pemodelan sumur. Hasil dari uji kompleksi pada sumur ML-XX menunjukkan adanya 4 lokasi *feed zone* dengan *feed zone* utama terletak pada kedalaman 1536 m, lokasi lain terletak pada kedalaman 1617 m, 1797 m, dan >1878 m. *Feed zone* mayor memiliki laju alir massa sebesar 49 kg/s, kontribusi aliran 60% dan *injectivity index* (II) sebesar 9 kg/s.bara. Untuk estimasi potensi produksi, didapatkan sebesar 8,2 MWe pada tekanan kepala sumur (WHP) 9,2 bara dengan tekanan separasi sebesar 7 bara menggunakan metode Hagedorn-Brown. Sumur ML-XX merupakan sumur satu fasa dengan sistem dominasi air.

Kata kunci: uji kompleksi, *feed zones*, *injectivity index*, pemodelan sumur

### ABSTRACT

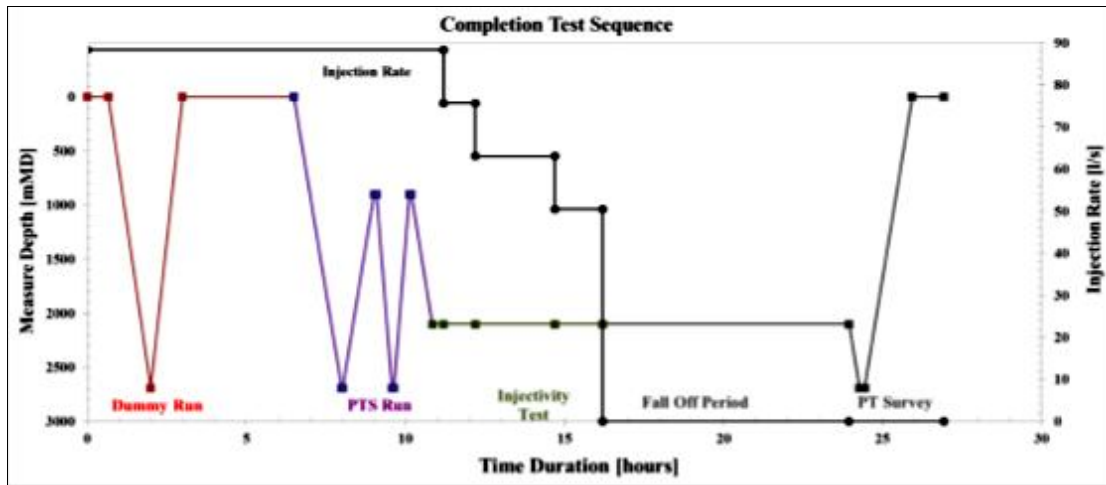
The study of completion test in order to determine the characterization of geothermal wells and reservoirs, among locations and contribution of feed zones, injectivity index (II), pressure and temperature profiles, fluid type, and production potential of the well have been done in the geothermal wells ML-XX Muara Laboh, Solok Selatan. Completion test conducted in several sequence. The test starts from PTS *injection*, *multi-rate injectivity test*, PT *heating-up survey* and wellbore modelling. Data of completion test results will be used to calculate the estimation of the production potential of the well by using wellbore modelling. The results of the completion test of ML-XX well indicates the existence of four feed zones locations with major feed zone at 1536 m, another location is at a depth of 1617 m, 1797 m and >1878 m. Major feed zone has the mass flow rate of 49 kg/s, the contribution flow of 60% and injectivity index (II) of 9 kg/s.bara. To estimate the production potential amounted to 8,2 MWe at wellhead pressure 9,2 bara with separation pressure 7 bara using Hagedorn-Brown method. This well is one phase well with water dominated system.

Keywords: completion test, *feed zones*, *injectivity index*, wellbore modelling

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan bahan bakar fosil yang semakin meningkat menyebabkan cadangan bahan bakar tersebut semakin lama semakin menipis. Untuk itu perlu adanya energi baru terbarukan yang dapat mengurangi ketergantungan akan bahan bakar fosil tersebut, salah satunya energi panas bumi atau *geothermal*. Potensi akan energi panas bumi di Indonesia tersebar di sepanjang jalur *ring of fire*, oleh karena itu perlu adanya pengembangan akan energi panas bumi tersebut. Pengembangan dapat dilakukan apabila karakterisasi sumur dan *reservoir* dapat dipahami dengan baik. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan survei, dimulai dari survei geologi, geokimia, geofisika, pengeboran, serta pengukuran dan pengujian sumur (Situmorang, 2012). Pengukuran dan pengujian diawali dengan uji kompleksi. Uji kompleksi merupakan suatu pengujian sumur yang bertujuan untuk mengetahui karakterisasi sumur dan *reservoir* di bawah permukaan. Uji kompleksi pada umumnya terdiri dari PTS (*Pressure, Temperature, Spinner*) *injection*, *multi-rate injectivity test*, *fall-off test* dan PT (*Pressure, Temperature*) *heating-up survey*. Pada uji kompleksi ini, dapat diperoleh informasi seperti karakterisasi *feed zone* (lokasi, kontribusi aliran, *injectivity index*/II atau *productivity index*/PI), jenis *reservoir*, jenis fluida produksi, temperatur dan tekanan fluida di dalam sumur dan *reservoir*, kondisi lubang sumur, karakteristik *reservoir* di sekitar sumur serta kemampuan

produksi sumur (pemodelan sumur). Gambar 1 menunjukkan rangkaian uji kompleksi yang dilakukan setelah pengeboran.



Gambar 1 Rangkaian uji kompleksi  
(Sumber: Humaedi, 2016)

## II. METODE

### 2.1 PTS Injection

PTS *injection* dilakukan untuk mengidentifikasi lokasi *feed zone* beserta kontribusi alirannya. Data yang terekam pada saat PTS *injection* adalah data tekanan, temperatur dan frekuensi putaran *spinner*. Frekuensi putaran *spinner* (*rotation per second* atau RPS) dan kecepatan kabel (*cable velocity* atau CV) dihitung dan dikonversi menjadi kecepatan aliran fluida (V) (Lette, 2013). Data kecepatan aliran fluida mempengaruhi nilai laju alir massa (M), dari nilai laju alir massa dapat ditentukan kontribusi aliran dari setiap *feed zone* yang didapatkan.

### 2.2 Multi-rate Injectivity Test

*Multi-rate injectivity test* merupakan suatu tes yang dilakukan untuk mengetahui transien tekanan dengan menggunakan laju injeksi yang berbeda-beda hingga didapatkan tekanan yang stabil. Efek dari perubahan laju injeksi dapat dimonitor dengan cara mencari hubungan laju injeksi dan tekanan yang stabil sehingga dapat diperoleh besarnya injectivity index (II). Setelah nilai II total didapatkan, maka nilai II per *feed zone* dapat ditentukan berdasarkan kontribusi aliran yang telah didapatkan sebelumnya pada PTS *injection*. Tes ini dilakukan pada suatu kedalaman yakni pada kedalaman *feed zone* utama, dan test ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dari masing – masing *feed zone* yang didapatkan.

### 2.3 PT Heating-up Survey

Setelah uji kompleksi selesai, penginjeksian air dihentikan dengan mematikan pompa. Sumur relatif dingin setelah uji kompleksi. Uji produksi tidak dilakukan pada sumur dingin, karena aliran fluida panas melalui *casing* yang dingin dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada *casing*. Setelah uji kompleksi biasanya sumur ditutup selama beberapa waktu agar menjadi panas sebelum sumur tersebut diuji kemampuan produksinya. Tekanan dan temperatur di dalam sumur diukur pada interval-interval waktu tertentu. Pengukuran biasanya dilakukan pada hari ke 1, 2, 4, 7, 14, 28, dan 42 tetapi bila diperlukan profil temperatur yang lebih rinci maka uji panas dapat diteruskan. Lama waktu pemanasan bervariasi, mulai dari hanya beberapa jam hingga beberapa bulan sampai kondisi tekanan dan temperatur di dalam sumur stabil. Untuk mendapatkan informasi yang baik, pengukuran tekanan dan temperatur (PT) sebaiknya dilakukan beberapa kali selama sumur dipanaskan hingga temperaturnya stabil (Saptadji, 2005)

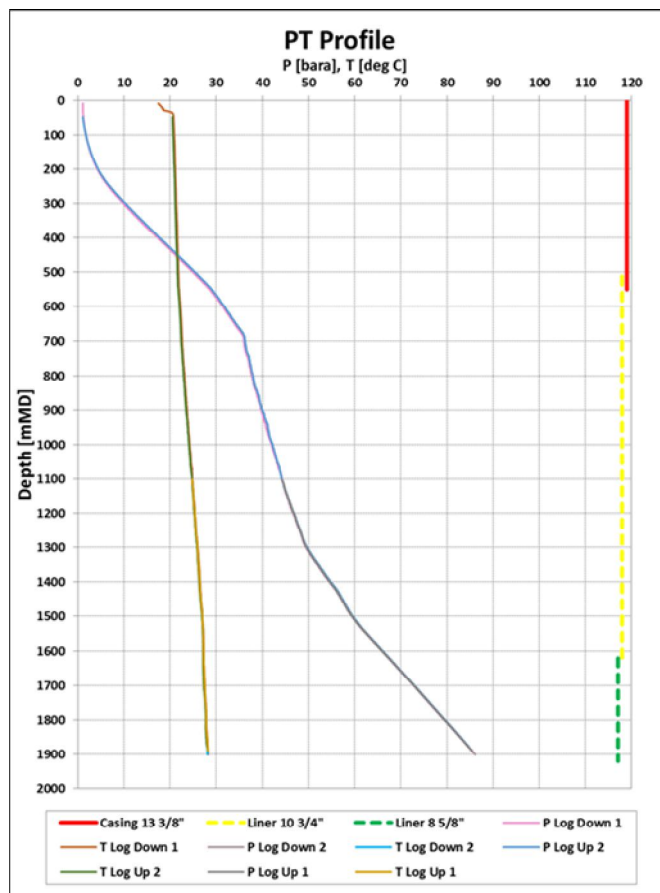
## 2.4 Estimasi Potensi Produksi

Data dari hasil uji kompleksi digunakan untuk menghitung estimasi potensi produksi dari sumur tersebut dengan melakukan pemodelan sumur. Pemodelan sumur dilakukan dengan cara menginputkan data geometri sumur, properti *reservoir* dan parameter perhitungan yang telah didapatkan dari hasil pengolahan data uji kompleksi.

## III. HASIL DAN DISKUSI

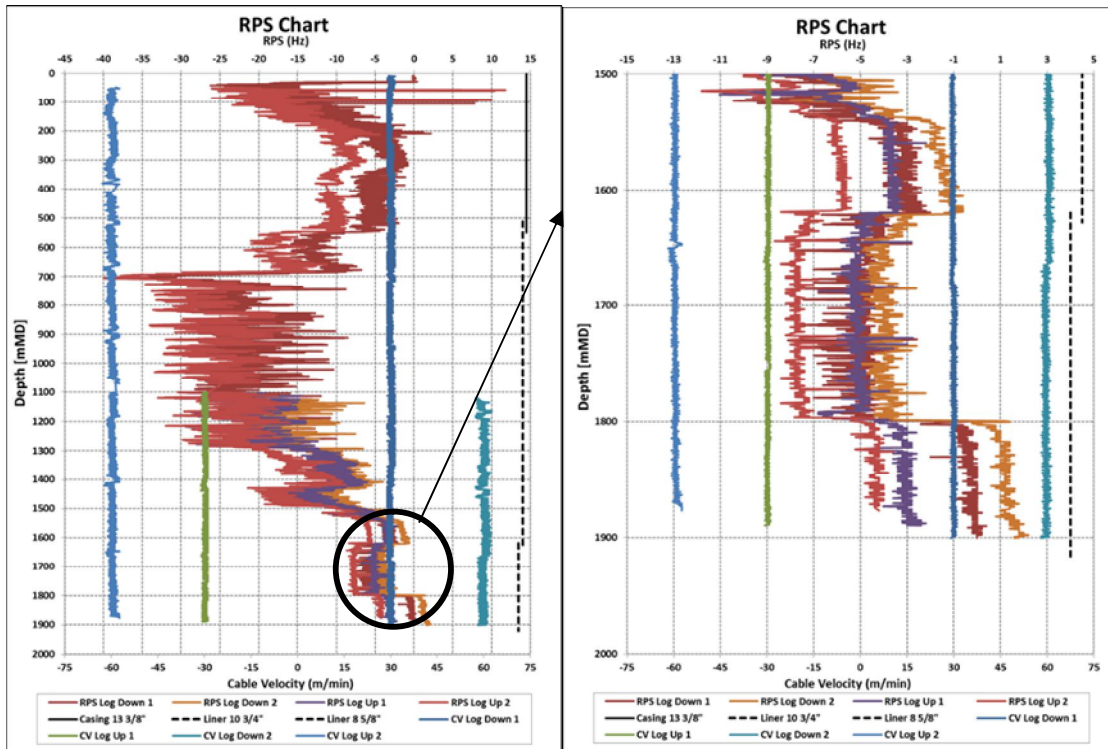
### 3.1 PTS Injection

Gambar 2 merupakan grafik hubungan nilai tekanan dan temperatur terhadap kedalaman pada saat pengukuran sumur (*logging*). Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa temperatur di dalam sumur tidak sampai 30°C, hal ini karena yang diinjeksikan ke dalam sumur adalah air dingin dingin, sehingga tidak mungkin temperaturnya mencapai temperatur didih. Untuk tekanan, apabila gradien tekanan besar maka jenis fluida yang teridentifikasi adalah air (*liquid*), apabila gradien tekanan kecil, maka jenis fluida yang teridentifikasi adalah kolom gas.



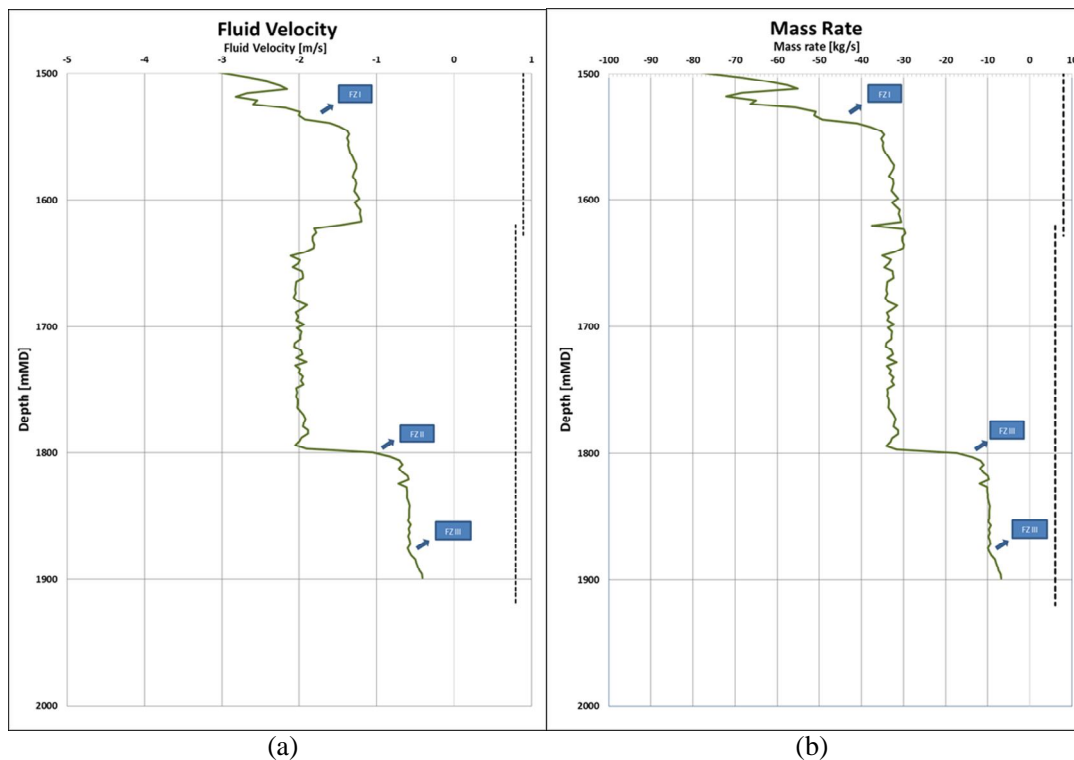
Gambar 2 Profil tekanan-temperatur

Untuk data frekuensi putaran *spinner* (*rotation per second* atau RPS) terlihat pada Gambar 3. Pada Gambar terlihat respon *spinner* di sepanjang sumur, pada kedalaman 0-1500 m grafik *spinnernya* terlihat kacau, karena pada kedalaman 0-690 m fluidanya masih air namun di kolom tersebut masih ada udaranya, untuk kedalaman 700-1500 m terdapat kolom gas, sehingga pada kedalaman 0-1500 m profil RPS nya tidak dapat dianalisa. Pada kedalaman 1500-1900 m, *casingnya* sudah terisi 100% air, sehingga respon *spinnernya* baik dan dapat dianalisa. Oleh karena itu, penelitian hanya akan difokuskan pada kedalaman 1500 m hingga 1900 m. Perubahan pada *spinner* mengidentifikasi adanya lokasi *feed zone*, pada Gambar teridentifikasi adanya tiga lokasi *feed zone* yakni pada kedalaman 1536 m, 1797 m dan 1878 m, namun hal itu hanya estimasi awal saja yang nantinya akan dikonfirmasi melalui data kecepatan aliran fluida dan laju alir massa.



**Gambar 3** Profil frekuensi putaran *spinner* (RPS)

Frekuensi putaran *spinner* (RPS) dikonversi dan dihitung bersama dengan kecepatan kabel (CV) untuk memperoleh nilai dari kecepatan aliran fluida, kemudian laju alir massa dapat ditentukan setelah diperolehnya nilai kecepatan aliran fluida karena memiliki pengaruh untuk perhitungan nilai laju alir massa. Gambar 4 menunjukkan data dari kecepatan aliran fluida dan laju alir massa.



(a) (b)  
**Gambar 4** Profil kecepatan aliran fluida (a) dan laju alir massa (b)

Perubahan nilai dari kecepatan aliran fluida mengidentifikasi adanya lokasi *feed zone*. Pada Gambar 4a terlihat adanya tiga lokasi *feed zone* yang teridentifikasi pada sumur tersebut, yakni pada kedalaman yang sama dengan yang teridentifikasi pada profil RPS. Pada Gambar 4b terlihat perubahan dari nilai laju alir massa, hal ini menunjukkan bahwa pada perubahan tersebut terdapat lokasi *feed zone*. Lokasi *feed zone* yang didapatkan sama dengan lokasi *feed zone* yang teridentifikasi pada profil RPS dan kecepatan aliran fluida. Setelah lokasi *feed zone* diperoleh, maka kontribusi aliran dari masing-masing *feed zone* tersebut dapat ditentukan. Kontribusi dari masing-masing *feed zone* terlihat pada Tabel 1.

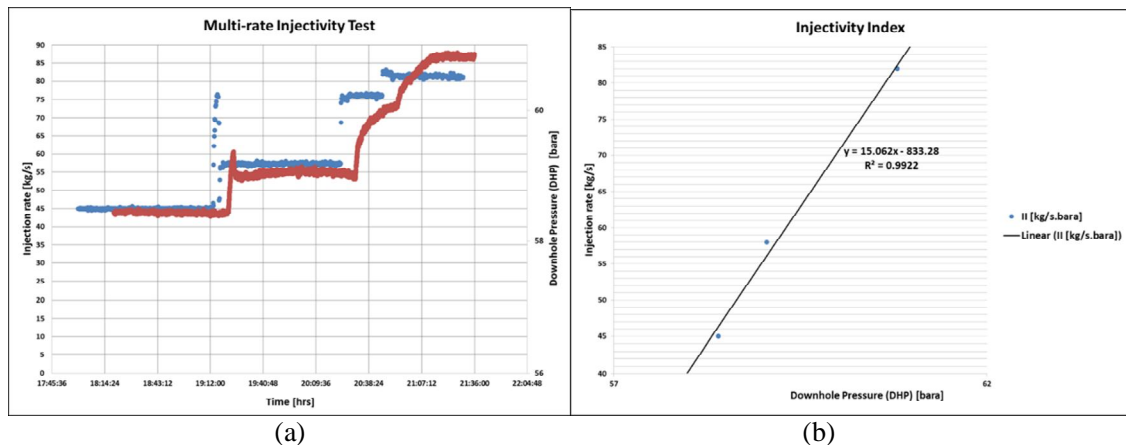
**Tabel 1** Kontribusi aliran setiap *feed zone*

Feed Zone	Depth [mMD]	Mass Rate [kg/s]	Kontribusi [%]
I	1536	49	60
II	1797	23	28
III	1878	10	12

Dari hasil perhitungan tersebut, maka *feed zone* I bertindak sebagai *feed zone* utama karena memiliki kontribusi aliran terbesar yakni 60% dengan laju alir massa sebesar 49 kg/s.

### 3.2 Multi-rate Injectivity Test

Gambar 5a menunjukkan transien tekanan dengan menggunakan laju injeksi yang berbeda-beda hingga didapatkan tekanan yang stabil, tekanan yang stabil tersebut kemudian diplot terhadap masing-masing laju injeksi yang diberikan seperti yang terlihat pada Gambar 5b.



**Gambar 5** Perhitungan uji injeksi.

Nilai *injectivity index* (II) yang didapatkan dari hasil plot antara laju injeksi dengan tekanan yang stabil digunakan untuk mencari *injectivity index* (II) pada setiap *feed zone*, sehingga didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Injectivity index (II)

Feed Zones	Depth [mMD]	Mass Rate [kg/s]	Kontribusi [%]	II [kg/s.bara]	Remarks
I	1536	49	60	9,0	Outflow
II	1797	23	28	4,2	Outflow
III	1878	10	12	1,8	Outflow

Dari hasil perhitungan tersebut, maka *feed zone* I yang bertindak sebagai *feed zone* utama juga memiliki nilai *injectivity index* (II) terbesar yakni 9 kg/s.bara.

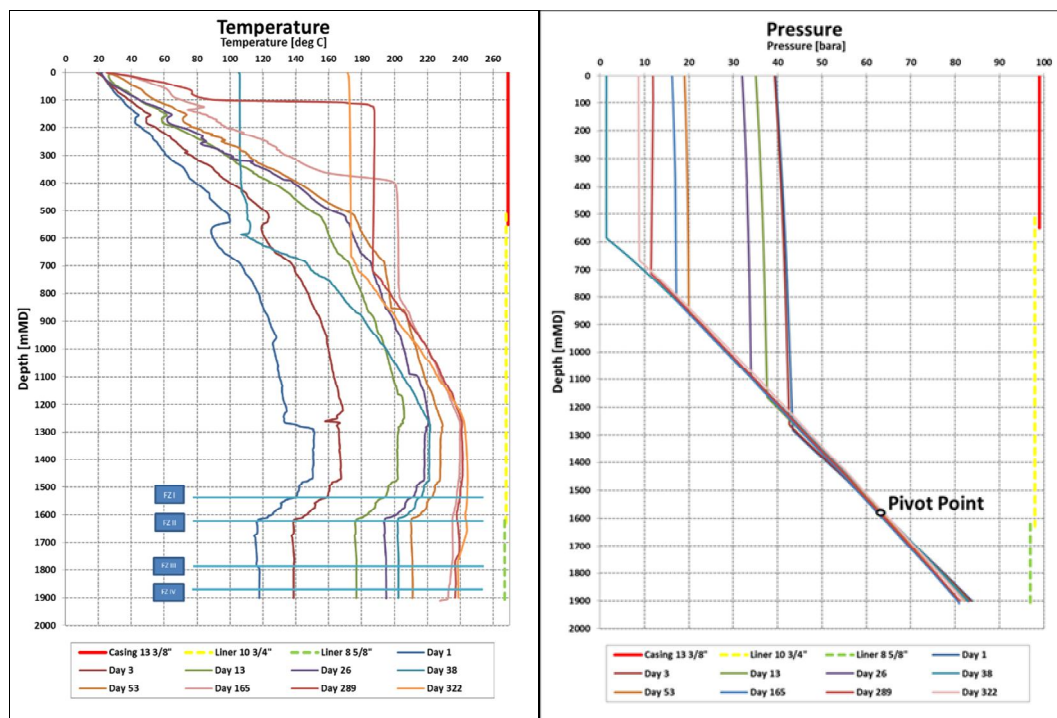


### 3.3 PT Heating-up Survey

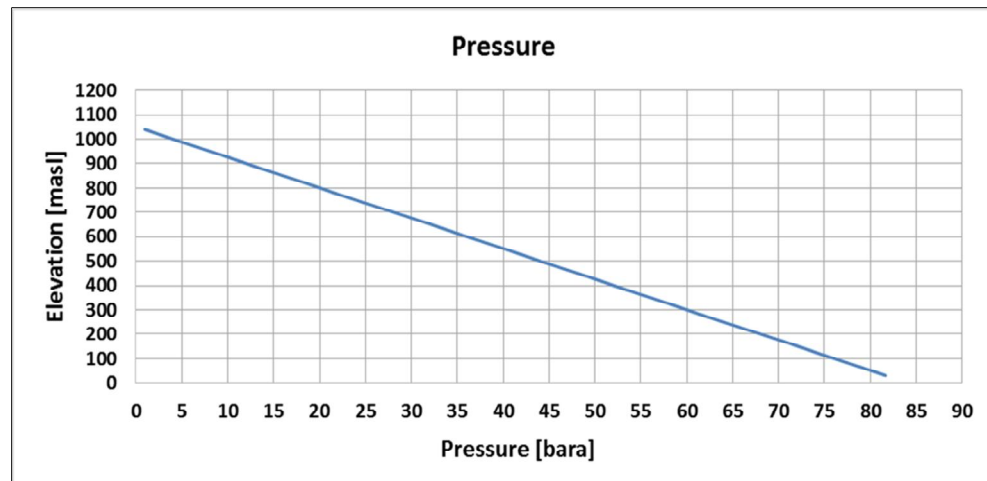
Gambar 6a dan 6b menunjukkan profil dari temperatur dan tekanan di sepanjang sumur dalam keadaan ditutup (*shut-in*). Data temperatur (Gambar 6a) mengindikasikan kehadiran *feed zone minor* pada kedalaman 1617 m yang tidak terdeteksi pada data *PTS injection* sebelumnya, sehingga lokasi *feed zone* yang terdeteksi pada sumur ini menjadi 4 lokasi *feed zone* dengan *feed zone* I bertindak sebagai *feed zone* utama (Tabel 3). Pada data tekanan (Gambar 6b) diperoleh *pivot point* atau disebut juga dengan sebagai tekanan *reservoir* dan juga menjadi acuan untuk mendapatkan tekanan *reservoir* di sepanjang sumur, hal ini terlihat pada Gambar 7.

**Tabel 3** Perkiraan lokasi *feed zones* beserta kontribusi dan nilai II

Feed Zones	Depth [mMD]	Mass Rate [kg/s]	Kontribusi [%]	II [kg/s.bara]	Remarks
I	1536	49	60	9,0	Outflow
II	1797	23	28	4,2	Outflow
III	1878	10	12	1,8	Outflow
IV	1878	10	12	1,8	Outflow

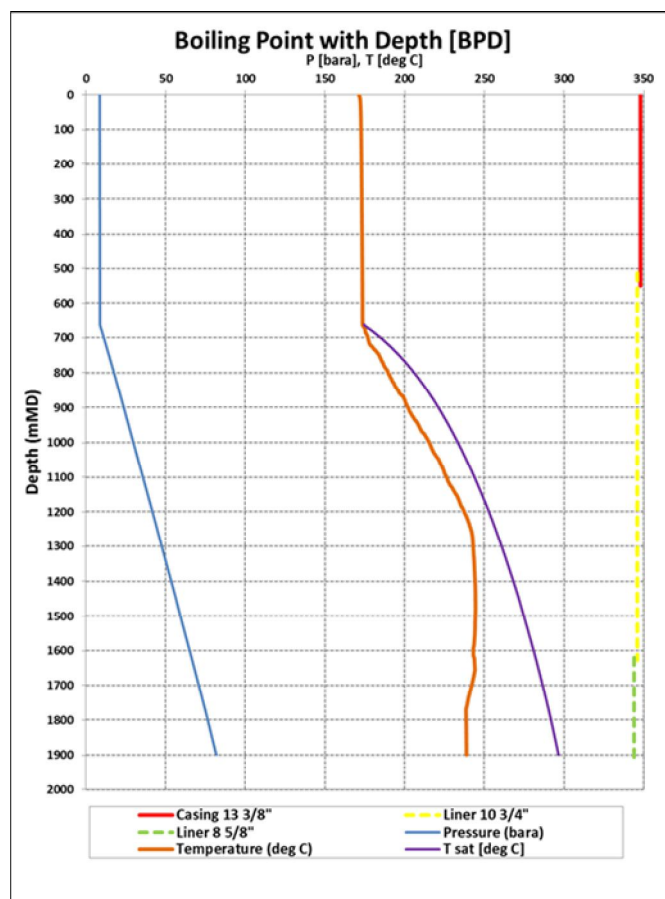


(a) (b)  
**Gambar 6** (a) profil temperatur, (b) profil tekanan



**Gambar 7** Distribusi tekanan *reservoir* di sepanjang sumur

Untuk menentukan jenis fluida yang terdapat didalam sumur, dapat dilihat pada grafik *Boiling Point with Depth* (BPD) pada Gambar 8. Pada Gambar terlihat bahwa jenis fluida yang terdapat didalam sumur adalah fluida satu fasa berjenis air (liquid), hal ini terlihat dari temperatur sumur yang berada dibawah temperatur saturasi.



**Gambar 8** *Boiling Point with Depth* (BPD)

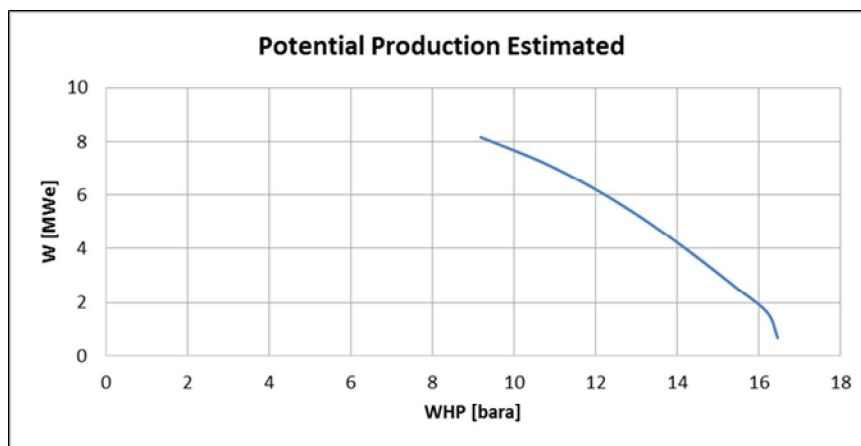
### 3.4 Estimasi Potensi Produksi

Estimasi potensi produksi didapatkan dari pemodelan sumur dengan menggunakan metode Hagedorn-Brown. Tabel 4 menunjukkan hasil dari pemodelan dan pengolahan data sumur hingga didapatkan estimasi potensi produksi sumur.

**Tabel 4** Hasil *output test* dan estimasi kapasitas produksi

WHP [bara]	Mtot [kg/s]	Enthalpy [kJ/kg]	Fraksi	Msteam [kg/s]	Mbrine [kg/s]	W [MWe]
9,2	122,6	1034,1	0,2	20,0	102,6	8,2
10,7	108,5	1034,6	0,2	17,7	90,8	7,2
11,9	94,4	1034,8	0,2	15,4	79,0	6,3
12,9	80,4	1034,9	0,2	13,1	67,2	5,4
13,8	66,4	1034,9	0,2	10,8	55,5	4,4
14,7	52,4	1034,8	0,2	8,6	43,8	3,5
15,5	38,4	1034,5	0,2	6,3	32,1	2,6
16,2	24,4	1034,0	0,2	4,0	20,4	1,6
16,5	10,5	1032,0	0,2	1,7	8,8	0,7

Dari hasil *output test* pada Tabel 4 dapat terlihat bahwa apabila sumur dibuka dengan tekanan kepala sumur (WHP) sebesar 9,19 bara, maka estimasi potensi sumur yang didapatkan adalah sebesar 8,16 MWe dan seterusnya. Hubungan antar WHP dengan estimasi potensi produksi sumur (daya listrik) dapat terlihat pada Gambar 9.

**Gambar 9** Hubungan WHP dan estimasi potensi produksi

Pada Gambar 9, terlihat hubungan berbanding terbalik antara WHP dan estimasi potensi produksi, semakin besar nilai WHP yang diberikan maka semakin kecil estimasi potensi produksi (daya listrik) yang dihasilkan.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil dari uji kompleksi pada sumur ML-XX menunjukkan adanya 4 lokasi *feed zones* dengan *feed zone* utama terletak pada kedalaman 1536 m, lokasi lain terletak pada kedalaman 1617 m, 1797 m, dan >1878 m. *Feed zone* utama memiliki laju alir massa sebesar 49 kg/s, kontribusi aliran 60% dan *injectivity index* (II) sebesar 9 kg/s.bara. Untuk estimasi potensi produksi, didapatkan sebesar 8,2 MWe pada tekanan kepala sumur (WHP) 9,2 bara dengan tekanan separasi sebesar 7 bara menggunakan metode Hagedorn-Brown. Sumur ML-XX merupakan sumur satu fasa dengan sistem dominasi air.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Supreme Energy Muara Laboh (SEML) yang telah memberikan dukungan penuh dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

Humaedi, M.T. dkk., 2016, A Comprehensive Well Testing Implementation during Exploration Phase in Rantau Dedap (Indonesia), PROCEEDINGS, 41st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, February 22-24, Stanford University, Stanford, California.



- Lette, S.C., 2013, Menentukan Letak Feed Zone dan Parameter Aliran menggunakan Pressure-Temperature-Spinner (PTS) pada Sumur "S" di Lapangan Wayang Windu, Skripsi, Teknik Perminyakan, UPN Veteran Yogyakarta, Yogyakarta.
- Saptadji, N.M., 2005, Energi Panas Bumi (*Geothermal Energy*), Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Situmorang, J., 2012, Pengembangan Program Komputer "PTS3" Untuk Karakterisasi Zona Permeabel dan Aliran Fluida dalam Sumur Panas Bumi berdasarkan Survei PTS, Tesis, Teknik Panas Bumi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.